

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 6 月 1 5 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 1 7 7 1 7 5

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

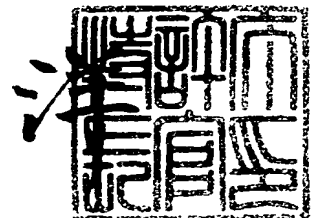
J P 2 0 0 4 - 1 7 7 1 7 5

出 願 人
Applicant(s): 日 立 金 属 株 式 会 社

2 0 0 5 年 6 月 1 5 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】	付 訂 願
【整理番号】	DE04002
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	G02B 6/42
【発明者】	
【住所又は居所】	栃木県真岡市松山町 1 8 番地 日立金属株式会社 O E デバイス 部内
【氏名】	鈴木 勝
【発明者】	
【住所又は居所】	栃木県真岡市松山町 1 8 番地 日立金属株式会社 O E デバイス 部内
【氏名】	佐藤 毅
【発明者】	
【住所又は居所】	栃木県真岡市松山町 1 8 番地 日立金属株式会社 O E デバイス 部内
【氏名】	上野 修宏
【特許出願人】	
【識別番号】	000005083
【氏名又は名称】	日立金属株式会社
【代表者】	本多 義弘
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	010375
【納付金額】	16,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1

【請求項 1】

光ファイバー A、B を有するビッグテールファイバーと、光ファイバー A、B からの入射光を一定の割合で反射と透過させるタップ膜を有する G R I N レンズは、略円筒状チューブで固着されており、G R I N レンズと前記タップ膜を透過した光を受けるレンズ付きフォトダイオードが、円柱状の外形を有するスリーブで固着された光パワーモニターであって、前記円柱状の外形を有するスリーブの一方の端面には G R I N レンズ挿入孔、他方の端面にはレンズ付きフォトダイオード挿入孔が設けられ、これら挿入孔の中心軸はスリーブ中心軸と平行でずれており、G R I N レンズ挿入孔とレンズ付きフォトダイオード挿入孔は、スリーブの略中央部でずれて接続しており、光ファイバー A から入射し G R I N レンズのタップ膜で反射した光は光ファイバー B に入り、透過した光はレンズ付きフォトダイオードに入り光量を測定し、光ファイバー B から入射し G R I N レンズのタップ膜で反射した光は光ファイバー A に入り、透過した光はスリーブの略中央部のずれて接続された挿入孔によって生じる挿入孔と略垂直の内壁と挿入孔と平行な内周面で反射、減衰を繰返し、レンズ付きフォトダイオードへの光の入射を妨げることを特徴とする単一方向性光パワーモニター。

【請求項 2】

前記スリーブは、不透明で黒色系のセラミック、ガラス、プラスチック材であることを特徴とする請求項 1 に記載の単一方向性光パワーモニター。

【請求項 3】

前記 G R I N レンズ中心軸と前記レンズ付きフォトダイオードの中心軸のずれ量 L 、タップ膜を透過する光のガウスビーム半径 R 、前記レンズ付きフォトダイオードのレンズ直径 D が、 $2L \geq 1.517R + D/2$ であることを特徴とする請求項 1 および 2 に記載の単一方向性光パワーモニター。

【発明の名称】 単一方向性光パワーモニター

【技術分野】

【0001】

本発明は、主に光通信分野において用いられる光パワーモニターに係るものである。

【背景技術】

【0002】

近年、情報通信における技術革新は目覚しく、インターネットの普及による通信速度の高速化の要求および情報量の増加に対応するため、電気信号による通信から光信号による通信へと移行しつつある。多くの基幹となるケーブルは、様々な中継点から情報が集まってくるため、光ケーブルへと置き換わりつつあり処理速度が格段に向上してきた。今後は、そうした光ケーブルとユーザー端末との間の通信が見直されるようになり、より安くより快適な情報通信環境の整備への要求は、ますます厳しくなっている。

【0003】

光通信網が徐々に整備されてくると、情報の授受が高速に行なわれるようになり、またそれに伴って新たな用途も拡大していくため、さらに光通信網を行き交う情報量は増加することになる。光ファイバーの処理できる情報量を上げるためには、単位時間あたりの信号量を増大させるために、高周波の信号を使用することや、波長多重方式と呼ばれる、異なる情報を持つ多数の波長の信号を単一な光ファイバー中で同時に送信するという技術が用いられている。また、緻密で信頼性の高い通信網を形成するには、多方向、多経路への接続を確保する必要がある。保守用途の観点からも複数の光ファイバーの利用は必須となっている。

【0004】

多数の信号を光ファイバーで伝送するような光通信回路を形成する際には、波長多重した光信号を各波長に分波したり、逆にそれぞれの波長の光信号を合波したり、更には、光信号の分岐や挿入を行なうと言った *Wavelength Division Multiplex*（以下、WDMと略す）システムが必要になる。情報量が増加すると共に、扱われる情報の重要性も高くなる。光信号が欠落した場合には、どの光信号がどこで欠落したのかを迅速に把握する必要があり、光信号の接続の可否だけでなく、場合によっては信号強度を確認することも必要となる。また、伝送距離が長くなると、光ファイバー中を伝播するだけでも光信号強度が減衰してしまうため、光信号を増幅するための *Erbium Doped Fiber Amplifier*（以下、EDFAと略す）という装置も必要になる。EDFAでは、増幅の割合を判断することを目的として外部から入力した光信号における強度や、増幅した後外部に出射する光信号の強度を正確に把握することが必要になり、信頼性の高い光通信システムを構築するためには、こうした細かいモニタリング機能が不可欠となってきた。

【0005】

WDMシステムにおいては、光信号の入射・出射の方向が決まっており、光信号をモニタリングする場合には、その方向性は特に必要とされなかった。一方、EDFAにおいては、ポンプレーザーを入射して、特殊ファイバー内を伝播させることによって光信号を増幅するという構造上、増幅した光信号が逆流することがあり、光信号の増幅量を正確に判断するためには、入射側ファイバーからの光信号のみを検知し、出射側ファイバーからの戻り光は検知しないという機能が必須になる。

【0006】

従来の一般的な光信号のモニタリング方法としては、光カブラで一部の光信号を分岐し、分岐した光信号を光ファイバーが接続されたフォトダイオードで検知するという手法が用いられていた。そのため、各部品を融着接続することが必要であり、実装工数低減の妨げとなっていた。また、光カブラは、光ファイバーの光信号伝播部位であるコアを近接することにより光信号を分岐させるという構造であり、かつ近接部の長さが分岐量の重要なパラメーターであることから、製品のサイズを小さくすることも困難であり、部品サイズ

の領域に対する妨けとなっていた。取扱いは、E D F Aとしての表面のノンフッ素化に対する要求も強く、部品サイズが小型化できないことが、E D F A装置の小型化及び高実装密度化に対する制約にもなっている。

【0007】

取扱い易く小型化された双方向性光パワーモニターの一例が、特許文献1に開示されている。開示されている構造を図6に示す。2本の光ファイバー51、52を有するマルチキャピラリーガラスフェール53とGRIN (Gradient Index) レンズ54を所定の空隙55を空けて対向させている。GRINレンズの端面にはフィルター56が形成され、GRINレンズから入ってきた光の反射と透過を行なう。透過した光は空隙57を通りフォトンデテクター58で電気信号に変換され、端子59から取り出され光路内の光の強度を測定するものである。マルチキャピラリーガラスフェール53とGRINレンズ54はガラスチューブ60、61で位置決めされている。2本の光ファイバー51、52は、何れも光の入力および出力を行うことができるので、双方向性光パワーモニターと言える。ここで、GRINレンズとは中心軸から外周方向に向かって放射状に連続的に屈折率が変化しているガラス製の円柱である。屈折率は、外周に向かって大きくなっており、光が外周側に向かって広がれば広がるほど、光の進行方向は中心軸方向に曲げられることになる。

【0008】

より詳細に光の流れを説明する。光ファイバー51から空隙55に入った光（入力光）はGRINレンズ54を通りGRINレンズの端面のフィルター56に到達する。フィルター56に到達した光の大部分は反射しGRINレンズ54と空隙55を通り、光ファイバー52に入り出力光となる。フィルター56を透過した光は空隙57を通り、フォトンデテクター58に入り電気信号に変換され、端子59から電気信号として出力される。これら一連の光の経路を実線の矢印で示している。逆に、光ファイバー52から光を入れると前述した光路と同様の経過をたどり、光ファイバー51から光を取り出す（出力光）ことができる。フィルター56を透過した光は空隙57を通り、フォトンデテクター58に入り電気信号に変換され、端子59から電気信号として出力される。これら一連の光の経路を破線の矢印で示している。説明には特許文献に記載されている名称を用いており、本願発明ではマルチキャピラリーガラスフェールをビッグテール、フォトンデテクターをフォトダイオード、フィルターをタップ膜と称している。

【0009】

【特許文献1】 米国特許 6,603,906 B2 図3

【0010】

単一方向性を有した光パワーモニターの一例が、非特許文献1の2002年3月28日に開催された電子情報通信学会の総合大会において、講演番号C-3-51で開示されている。開示されている構造を、図7に示す。部品名称は、非特許文献1で用いられているものを使用している。ポート1、ポート2と呼称されている2本の光ファイバー81、82を有する2芯フェール80と、GRINレンズ83を突合せている。GRINレンズ83の端面には誘電体ミラー84を形成し、光の反射と透過を行っている。GRINレンズの中心軸とフォトンデテクター85の中心軸はずらして配置されている。

【0011】

光の流れを使って説明する。光ファイバー81（ポート1）から入った光（入力光）は、GRINレンズ83を通り誘電体ミラー84で反射と透過を起こす。反射した光は、GRINレンズを通り光ファイバー82（ポート2）に入り出力光となる。誘電体ミラーを透過した光は、フォトンデテクター85に入り電気信号に変換され端子88から電気信号として出力される。これら一連の光の経路を実線の矢印で示している。次に、光ファイバー82（ポート2）から入った光について説明する。光ファイバー82（ポート2）から入った光は、GRINレンズ83を通り誘電体ミラー84で反射と透過を起こす。反射した光は、再びGRINレンズを通り光ファイバー81（ポート1）入り出力光となる。誘電体ミラーを透過した光は、GRINレンズの中心軸とフォトンデテクター85の中心軸

がされているため、フォトダイオードの受光面には入射光が当たらず、放散される。このため、光ファイバー82（ポート2）から入った光の強度は測定できないこととなる。これら一連の光の経路を破線の矢印で示している。つまり、光ファイバー81（ポート1）から入った光の強度は測定できるが、光ファイバー82（ポート2）から入った光の強度は測定できないと言う、方向性を有する単一方向性光パワーモニターが得られることになる。説明には非特許文献1に記載されている名称を用いており、本願発明では2芯フェルールをビッグテール、フォトディテクターをフォトダイオード、誘電体ミラーをタップ膜と称している。

【0012】

【非特許文献1】2002年3月28日開催 電子情報通信学会 講演番号C-3-51 予稿集 183ページ 図3

【0013】

図7に示した単一方向性光パワーモニターでは、GRINレンズとフォトダイオードの位置関係について論じているだけであり、実現手段は不明である。単一方向性光パワーモニターとするには、GRINレンズとフォトダイオードを、ガラススリーブ等を用いて位置決めと固定を行なう必要がある。GRINレンズとフォトダイオードが接近し過ぎると、何れの光ファイバーから入った光の透過光を検知してしまうため、GRINレンズとフォトダイオードは一定以上の距離を離す必要がある。

【0014】

図5に示す構造の光パワーモニターを事前試作した。光ファイバー31、32を有するビッグテールファイバー30とGRINレンズ34を、空隙33を設けて対向させた。ビッグテールファイバー30とGRINレンズ34は、ガラスチューブ35で固定した。GRINレンズ34の端面にはタップ膜36を設けている。GRINレンズ34の中心軸とフォトダイオード37の中心軸は、0.9mmずらしている。GRINレンズ34とフォトダイオード37は、円筒形ガラスの略中央部に緩やかな傾斜を付けたガラス製スリーブ38で固定した。ガラス製スリーブ38は茶色の着色ガラスを使用した。

【0015】

光ファイバー31から入った光は、空隙33とGRINレンズ34を通りタップ膜36で反射と透過を起こす。反射した光はGRINレンズ34と空隙33を通り光ファイバー32に入る。透過した光はフォトダイオード37に入り、端子39より電気信号として出力される。これら一連の光の経路を実線の矢印で示す。次に、光ファイバー32から入った光は、空隙33とGRINレンズ34を通りタップ膜36で反射と透過を起こす。反射した光はGRINレンズ34と空隙33を通り光ファイバー31に入る。透過した光43はガラス製スリーブ38から外部に放出され、フォトダイオード37に入ることは無い。これら一連の光の経路を破線の矢印で示す。

【0016】

事前試作した光パワーモニターを評価したところ、方向性特性が23～24dBとなり、要求される25dB以上を得ることができなかった。方向性特性とは、光ファイバー31から光を入れた時にフォトダイオードの受光感度A(mA/W)と、光ファイバー32から光を入れた時にフォトダイオードの受光感度B(μ A/W)との比を(dB)で表したものである。方向性特性= $10 \log(A/B)$ で計算されるものである。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

事前試作した光パワーモニターの方向性特性が悪い主な原因の一つ目は、タップ膜から出た光の全てがガラス製スリーブを通過して外部に放出されず、ガラススリーブ内周壁で反射を起こし、これらの光（図5に一点鎖線の矢印44で表している）がフォトダイオードに入ること、二つ目は、ガラス製スリーブ38を通して外部から光（図4に二点鎖線の矢印45で表している）がフォトダイオードに入ることが考えられる。方向性特性の良い光パワーモニターを得るには、少なくともこれらの原因と考えられる問題点を解決する必

女がのる。

【0018】

本特許の目的は、光ファイバーAから入りタツプ膜を透過した光をフォトダイオードで検知し、光ファイバーBから入りタツプ膜を透過した光がフォトダイオードに入ることを妨げる光パワーモニターであり、GRINレンズとフォトダイオードを接続しているスリーブを通して入る外光を完全に遮断すること。また、光ファイバーBから入射しタツプ膜を透過した光を、スリーブ内周壁と内周面で反射と減衰を繰り返させることで、方向性特性の高い小型で高性能な単一方向性光パワーモニターを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明の単一方向性光パワーモニターは、光ファイバーA、Bを有するビッグテールファイバーと、光ファイバーA、Bからの入射光を一定の割合で反射と透過させるタツプ膜を有するGRINレンズは、略円筒状チューブで固着されており、GRINレンズと前記タツプ膜を透過した光を受けるレンズ付きフォトダイオードが、円柱状の外形を有するスリーブで固着された光パワーモニターであって、前記円柱状の外形を有するスリーブの一方の端面にはGRINレンズ挿入孔、他方の端面にはレンズ付きフォトダイオード挿入孔が設けられ、これら挿入孔の中心軸はスリーブ中心軸と平行でずれており、GRINレンズ挿入孔とレンズ付きフォトダイオード挿入孔は、スリーブの略中央部でずれて接続しており、光ファイバーAから入射しGRINレンズのタツプ膜で反射した光は光ファイバーBに入り、透過した光はレンズ付きフォトダイオードに入り光量を測定し、光ファイバーBから入射しGRINレンズのタツプ膜で反射した光は光ファイバーAに入り、透過した光はスリーブの略中央部のずれて接続された挿入孔によって生じる挿入孔と略垂直の内壁と挿入孔と平行な内周面で反射と減衰を繰返し、レンズ付きフォトダイオードへの光の入射を妨げることが望ましい。

【0020】

光ファイバーAから入射した光信号は、端面において空間に放射され、ビーム径が広がりながらGRINレンズに入る。GRINレンズ内では、光の進行方向を変化させ略平行光になったところでタツプ膜に到達し、一定の割合で反射と透過を行なう。反射した光は、再びGRINレンズ内を通過し、更にビーム径が絞られながら進行し、空間に放射される。その後、光ファイバーBの端面にて焦点を結び、光ファイバーAから入射した光が光ファイバーBに接続する。タツプ膜を透過した光は、スリーブによってGRINレンズの中心軸とずらして固着されたレンズ付きフォトダイオードに入り、光量を測定できる。

【0021】

光ファイバーBから入射した光は、空間に放射された後GRINレンズに入る。GRINレンズ内では光の進行を変化させ略平行光になったところで、タツプ膜により一定の反射と透過を行なう。タツプ膜で反射した光は、GRINレンズ、空隙の経路を取り光ファイバーAに接続する。タツプ膜で透過した光は、GRINレンズの中心線に対して対称な方向に進み、スリーブ内に設けた略垂直の内壁において反射し、減衰しながら光の進行方向を変える。その後、光は、挿入孔と平行な内周面で更に反射、減衰を繰り返しながら、GRINレンズの方向に戻り、レンズ付きフォトダイオードには入射しないようにすることができる。

【0022】

GRINレンズとフォトダイオードをつなぐスリーブは、円柱の材料の両端からGRINレンズとフォトダイオードが入る穴を中心軸をずらして開け、円柱材料の略中央部で穴が繋がる様にする。穴の先端は尖った形状ではなく、円柱材料の端面と略平行になることが好ましい。一方の穴から覗いた時、穴は略楕円形に見える。円柱材料に両端から穴を開けても良いし、2個の円筒の中心軸をずらして接合しても良い。2個の円筒の中心軸をずらして接合した場合は、スリーブの外観もずれたものとなるので、外周を研磨してスリーブの外側段差を除去し、円柱状外観としても良い。外観は円柱だけでなく、三角柱や四角柱、多角柱、その他不定形柱状でも良いものである。穴の中心軸のずれ量やGRINレン

ヘリフォトリファクターの間隔は、GRINレンズへの光の屈折率、フォトリファクターの位置、フォトダイオードにレンズが付いているか否かで変わってくるものである。しかし、スリーブの穴の接合点（挿入孔と平行な内周壁の）位置はGRINレンズの端面とフォトダイオードの端面の略中心に来ることが望ましい。

【0023】

本発明の単一方向性光パワーモニターのスリーブ材質は、不透明で黒色系のセラミックかガラス、プラスチック材であることが好ましい。

【0024】

スリーブの材質として、透明な材料を使用した場合には、光がスリーブ内の略垂直の内壁や挿入孔と平行な内周面で透過することが考えられる。光が透過して外部に放射されるということは、その反面、外部からの光の進入を抑止することができないということの意味している。光パワーモニターは、1個だけで使用されるより、複数個を並べて配置し使用することが多い。並べて使用した際には、一つの光パワーモニターから放射された光が、他の光パワーモニターに入射する恐れがある。光パワーモニターから放射した光や一般の外光がフォトダイオードに入ると光パワーモニターにとっては外乱ノイズとなり、安定した光のモニタリングが行なえなくなる恐れがある。また、外部に放射された光は、他の部品表面で反射し、無作為な方向に進行することも考えられる。光通信では、1310 (nm) や 1550 (nm) といった長波長の光を用いており、可視光領域外の光を使用しているため、光の進行方向を人間の目で認知することができず、安全上も問題を生じる恐れがある。そのため、スリーブには、光を透過しない材質が望ましく、光パワーモニター外部に光を漏洩させないことが好ましい。

【0025】

不透明な材料の中でも、黒色系の材料がより好ましい。黒色系材料は一般に光反射率が低いので、内壁もしくは内周面で反射を繰り返させることで、光ファイバーBから出てタップ膜を透過した光をほぼゼロまで減衰させることができる。黒色系材料としてはセラミックやガラス、プラスチックが使用できる。黒色系セラミックでは、アルミナやジルコニア、炭化珪素、窒化珪素、窒化アルミ、ソフトフェライト、ハードフェライトが適している。黒色系ガラスの材料では、シリカを主原料にしたものやアルミナを主原料にしたもの、チタニアを主原料にしたもの、更にはそれらの複合材料も使用できる。黒色系プラスチックとしては、エポキシ樹脂や液晶ポリマー、ポリフェニレン樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリブチレン樹脂、アゾ化合物樹脂、ポリエステル樹脂が適している。また、プラスチックでは無いが、カーボン系の材料も同様の効果が期待でき使用することができる。ソフトフェライト、ハードフェライトを用いると、本発明の単一方向性光パワーモニターを整列させたり、磁石や磁性体に容易に取り付けることができる。パワーモニターどうしや他の磁石や磁性体にくっ付けるのは、製造工程途中では取扱い難いので強い吸着力でないほうが好ましい。外力に対し容易に外れないような強力な吸着力は、これら磁性体に対しては求めないものである。外力に対し容易に外れないようにするには、接着剤や保持治具等で用いることが好ましい。

【0026】

本発明の単一方向性光パワーモニターでは、GRINレンズとレンズ付きフォトダイオードの中心軸のずれ量 L 、タップ膜を透過する光のガウスビーム半径 R 、前記レンズ付きフォトダイオードのレンズ直径 D としたとき、 $2L \geq 1.517R + D/2$ であることが望ましい。

【0027】

光はビームの横断面内で一様な強度を示すのではなく、中心で最も強くビーム外周方向に向かって放射状に減衰していくという分布を持つ。この分布はガウス分布と呼ばれビームの進行方向に対する関数であるため、ビームが進むにつれ徐々にビームは広がり、また減衰していくことになる。ビームの進行方向に対し、どの位置における横断面をとっても、ガウス分布が維持されることがわかっている。ビームの強度は、その位置での光を電気変換することにより求めることが可能になるが、ビームの広がり具合については、相対的

は、ある指標を付与することが必要になる。そして、ビームの中心強度に対し、 $1/e$ の中心強度に減衰する半径をビームのサイズを示す指標とし、ガウスビーム半径と称している。ここで、 e は自然対数における底を示している。

【0028】

本発明の単一方向性光パワーモニターは、片方の光ファイバーAから入射しタップ膜を透過した光のみをフォトダイオードで検知し、他方の光ファイバーBから入射しタップ膜を透過した光はフォトダイオードで検知しないことが前提である。そのため、GRINレンズの中心軸とレンズ付きフォトダイオードの中心軸のずれ量は重要である。ビームの中心強度に対し、強度が1%に減衰する位置はガウスビーム半径の1.517倍として求めることができる。1%に減衰した光がレンズ付きフォトダイオードに入射しないような位置関係にするには、中心軸のずれ量の2倍の値を、ガウスビーム半径の1.517倍にレンズ直径の半分を加算したものより大きくすることが好ましい。このような関係にすることで、光ファイバーAから光を入れた時のフォトダイオードの出力Aと、光ファイバーBから光を入れた時のフォトダイオードの出力Bでは、出力Bは出力Aに比べ少なくとも2桁以上の差を持って小さくすることが可能となる。

【0029】

また、中心軸のずれ量Lは、レンズ付きフォトダイオードの外径の $1/2$ よりも小さい値とすることが好ましい。中心軸のずれ量Lがレンズ付きフォトダイオードの外径の $1/2$ より大きくなると、GRINレンズとフォトダイオードを固着するスリーブが大きくなるため、製品サイズが大きくなってしまっただけでなく、スリーブの製作が困難になる。中心軸のずれ量がレンズ付きフォトダイオード外径の $1/2$ を超えてしまうと、スリーブの一方の孔から覗いた時孔は略楕円形に見えるが、この略楕円形の短径が小さくなり各製品の寸法公差や組立寸法の僅かな誤差から、タップ膜を透過した光を確実にフォトダイオードに入射させることが出来なくなる危険性が増えるためである。

【発明の効果】

【0030】

本発明により、光ファイバーAから入射しタップ膜を透過した光をフォトダイオードで検知し、光ファイバーBから入射しタップ膜を透過した光がフォトダイオードに入ることを妨げる光パワーモニターであり、GRINレンズとフォトダイオードを挿入する孔の中心軸をずらしたスリーブを用い、スリーブを黒色で不透明な材質とすることで、スリーブを通して入る外光を完全に遮断すること。また、光ファイバーBから入射しタップ膜を透過した光を、スリーブ内周壁で反射と減衰を繰り返させることで、方向性特性の高い小型で高性能な単一方向性光パワーモニターを提供することができた。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【実施例1】

【0032】

本発明の単一方向性光パワーモニターの一実施例を図1に示す。まず、用いた主な部品の仕様に付いて述べる。ビッグテールファイバー2は、光ファイバーA3と光ファイバーB4がモールドされており、外径は1.8mmである。光ファイバーAとBの間隔は、250 μ mのものを用了。GRINレンズ7は、屈折率が1.590、屈折率勾配定数が0.326のものを用了。GRINレンズ端面に設けたタップ膜8は、SiO₂とTiO₂を周期的に積層した誘電体多層膜を用い、光の透過率を示すタップ率は1%とした。GRINレンズの外径も1.8mmである。レンズ付きフォトダイオード10は、スリーブ9に挿入される部分の直径を2.0mmとし、台座部の直径を2.4mmとした。レンズ付きフォトダイオード10の光電気変換素子は、光通信波長帯で高い感度が得られるInGaAsを用いた。GRINレンズ7の中心軸とフォトダイオード9の中心軸をずらして固定するスリーブ9は、黒色系セラミックスのアルミナを用いた。スリーブ9に設けられたGRINレンズとレンズ付きフォトダイオード挿入孔は、円柱状のアルミナにダイヤモンド

ントエントミルを用い加工した。ビッグテールファイバー2とGRINレンズ7で囲むるチューブ6には、不透明な黒色の外径2.8mmの円筒状ガラスを用いた。他の実施例を述べる場合、特に断わりの無い限りこれらの仕様の部品を用いることを基本としている。

【0033】

次に、これら部品の組み立てについて述べる。ビッグテールファイバー2とGRINレンズ7の対向面は、各々の径方向断面に対し8度の傾斜角を有している。8度の傾斜角をなす対向面とすることにより、ビッグテールファイバー2とGRINレンズ7の対向面における光反射の影響を抑制することができるものである。GRINレンズとビッグテールファイバーは、光ファイバーA3より光を入射し、光ファイバーB4より出た光を光マルチメータでモニターしながら、光ファイバーB4から出た光の強度が最も大きくなるように、100~300 μ mの空隙5を持って組み立てた。ビッグテールファイバー2とGRINレンズ7、チューブ6はエポキシ樹脂で接着固定した。エポキシ樹脂は、110℃で45分間加熱硬化させた。スリーブの全長を14.0mmとし、タッパ膜8とレンズ付きフォトダイオード10のレンズ表面との距離は10.0mmとした。スリーブ9とGRINレンズ7、フォトダイオード10は、エポキシ樹脂で接着固定した。エポキシ樹脂は、110℃で45分間加熱硬化させた。光ファイバーBから入射しタッパ膜8を透過した光の反射と吸収を行う内壁12は、タッパ膜8とレンズ付きフォトダイオード10のレンズ表面との間隔の略中央に設け、中心軸に対し90度の垂直面としている。GRINレンズのタッパ膜8と内壁12の間隔は、5.0mmとした。

【0034】

組み立てた単一方向性光パワーモニターの、光学特性及び電気特性の評価を行なった。光ファイバーA3から波長1550nm、光強度0dBmの光を入射し光の接続度を示す挿入損失は0.31dB、電気的な出力を示す特性の受光感度は9.8mA/Wが得られた。光ファイバーB3側から波長1550nm、光強度0dBmの光を入射すると、挿入損失が0.31dB、受光感度は24.1 μ A/Wとなった。光ファイバーAとBから光を入れた時の受光感度の比を方向性特性としている。本実施例の単一方向性光パワーモニターの方向性特性は26.1dBとなり、要求される25dB以上が得られることが確認できた。

【実施例2】

【0035】

実施例2として、ビッグテールファイバー2の光ファイバーAとBの間隔を125 μ mと狭めた単一方向性光パワーモニターに付いて述べる。光ファイバーAとBの間隔を狭めると、光の入射角度が小さくなるため、GRINレンズ7及びタッパ膜8を透過した光の進行方向は、GRINレンズ中心軸に対して角度が小さくなってしまう。そのため、光ファイバーA3からの透過光と光ファイバーB4からの透過光とが成す角度が小さくなるため、光ファイバーB4からの透過光をフォトダイオードに入れない様にするには、タッパ膜8とレンズ付きフォトダイオード10の間隔を大きくするか、フォトダイオードの径を小さくする必要がある。実施した光ファイバーAとBの間隔を125 μ mと狭めた単一方向性光パワーモニターでは、タッパ膜8とレンズ付きフォトダイオード10の間隔は20mm必要となり、スリーブ全長は24mmとなった。スリーブ全長24mmは、実施例1の光ファイバーAとBの間隔250 μ mの時のスリーブ全長14mmに比べ、約1.7倍の長さになっている。また、タッパ膜8とレンズ付きフォトダイオード10の間隔が大きくなることにより、タッパ膜8を透過した光が広がりガウスビーム半径が大きくなってしまった。そのため、光ファイバーA3から光を入射した時の受光感度が6.7mA/Wと低下してしまった。光ファイバーB4から光を入射した時の受光感度は20.6 μ A/Wであり、方向性特性は25.1dBと25dB以上を確保することができた。ビッグテールファイバー2の光ファイバーAとBの間隔を125 μ mとすると、スリーブ9の全長を長くする必要があるため、製品サイズが大きくなってしまい、本発明の小型化と言う効果が薄れてしまう感は拭えないが、125 μ m間隔のビッグテールファイバーでも、25d

以上の方向性は付はが得られることで大証した。

【実施例 3】

【0036】

実施例 3 として、GRIN レンズの屈折率と屈折率勾配定数を変えた単一方向性光パワーモニターに付いて述べる。用いた GRIN レンズの屈折率は 1.634、屈折率勾配定数 0.417 と、実施例 1 で用いた GRIN レンズの屈折率 1.590、屈折率勾配定数 0.326 に対し、何れも大きな値を示すものである。GRIN レンズの屈折率が大きい
ため、実施例 1 に比べ、光ファイバー A3 からの透過光と光ファイバー B4 からの透過光とが成す角度が大きくなる。これにより、タップ膜 8 とレンズ付きフォトダイオード 10 との間隔を小さくすることができ、単一方向性パワーモニターのより小型化が図れる。また、屈折率が大きいことで、GRIN レンズ内で光が進行する際に、光が広がらないという効果も得られる。その結果、ガウスビーム半径が小さくなり、レンズ付きフォトダイオードで光を集光し易くなり、組み立て公差を大きくできる点は製造上非常に有利である。試作した単一方向性光パワーモニターの特性は、光ファイバー A3 から光を入射した時の受光感度は 10.2 mA/W、光ファイバー B4 から光を入射した時の受光感度は 19.2 μ A/W となり、方向性特性は 27.3 dB と非常に良好な値を示した。

【実施例 4】

【0037】

実施例 4 として、GRIN レンズのタップ膜材質を変えた単一方向性光パワーモニターに付いて述べる。実施例 1 の SiO₂ と TiO₂ の組合せではなく、SiO₂ と Ta₂O₅ の積層膜を使用した。タップ率は実施例 1 と同じ様に 1% とした。また、タップ膜材質以外は実施例 1 と同じとしている。試作した単一方向性光パワーモニターの方向性特性を測定したところ、光ファイバー A3 から光を入射した時の受光感度は 9.8 mA/W、光ファイバー B4 から光を入射した時の受光感度は 21.4 μ A/W となり、方向性特性は 26.6 dB が得られ、タップ膜に SiO₂ と Ta₂O₅ の積層膜が使用できることが確認できた。

【実施例 5】

【0038】

実施例 5 として、スリーブの材質を変えた単一方向性光パワーモニターに付いて述べる。用いた材料は、試料 #M1 ~ M5 のセラミックと試料 #M6 ~ M8 のガラス、試料 #M9 ~ M16 の樹脂、試料 #M17 のカーボンであり、図 2 に詳細の材質名とを記している。試料 #M17 のカーボンは、セラミックやガラス、樹脂の何れにも区分できないが、最も光の吸収が良いと考えられるものである。スリーブの材質以外は実施例 1 と同じ仕様で単一方向性光パワーモニターを組み立てている。図 2 に方向性特性の測定結果を示している。また、暗電流の値も同時に評価し、測定結果を示している。暗電流は、光ファイバー A, B 何れからの光入力の無い状態での、フォトダイオードの出力電流である。暗電流の値が大きいと言うことは、外部の光がスリーブを通してパワーモニター内に入ってきている。つまり、外部光の遮断が不完全で外部光がノイズになっているということになる。試料 #M1 ~ 17 のパワーモニターの暗電流は、0.043 ~ 0.077 nA と何れも 0.1 nA 以下の満足できる値となった。

【0039】

方向性特性は、試料 #M1 ~ 17 何れも 25 dB 以上が得られた。しかし、試料 #6 ~ 8 のガラス製スリーブを用いたパワーモニターは、25.1 ~ 25.4 dB とセラミックや樹脂系のスリーブを用いたものに比べ、1 ~ 2 dB 低い値を示していた。セラミック系のスリーブを用いた試料 #M1 ~ M5 は、何れも 26 dB 以上の値を示している。方向性特性からは、セラミック系スリーブが好ましいが、ガラスや樹脂系に比べ値段が一般的に高いと言う問題がある。値段を優先するなら方向性特性がセラミック系に比べ僅か劣るが、値段の安い樹脂系のスリーブを用いることができる。

【実施例 6】

【0040】

大抵同じとして、GRINレンズの中心軸とフォトダイオードの中心軸のずれ量 L とし、タップ膜を通過する光のガウスビーム半径 R 、フォトダイオードのレンズ直径 D の關係に付いて述べる。最適なずれ量 L を得ることで、小型で受光感度が高くまた方向性特性の高い単一方向性光パワーモニターが得られるものである。ずれ量 L を大きくすることで光ファイバーBから入った光の透過光と、フォトダイオードを離すことができるので高い方向性特性が得易くなることは容易に考えられる。しかし、スリーブの外形寸法が大きくなるため小型化には反することとなる。また、スリーブの外形寸法が大きくなることで、軽量化にもマイナスとなることも容易に理解できる。ずれ量 L を小さくして行くと、双方向光パワーモニターの構造に近づくため、方向性特性が得難くなることも容易に想像できる。勿論、実施例2で述べたようにビッグテールファイバーの光ファイバーAとBの間隔を変えたり、実施例3で述べたように、GRINレンズの屈折率と屈折率勾配定数を変えることでも、最適なずれ量 L を変えることもできる。屈折率の異なったGRINレンズを用いた場合においても、最適なずれ量を求めることは必要となる。最適なずれ量を求める方法を、図3に示す、ずれ量 L と受光感度、方向性特性の關係を見ながら説明する。

【0041】

図4に、図3の測定に用いた単一方向性光パワーモニターを示した。図4の単一方向性光パワーモニターは実施例1のスリーブ9の部分のみ変更したものであり、他の部品の仕様等は実施例1と同一である。また、スリーブ部を除き符号も実施例1と同じとした。GRINレンズの中心軸とフォトダイオードの中心軸のずれ量 L を変化させて、受光感度と方向性特性を測定できるようにするため、スリーブを2分割した。ビッグテールファイバー2とGRINレンズ7は空隙5を持ってチューブ6で固定し、GRINレンズには肉厚の厚いスリーブ19を固定した。また、フォトダイオード10には肉厚の厚いスリーブ18を固定している。スリーブ18とスリーブ19を突合せ所定のずれ量 L を得た。測定に際しては、スリーブ19側を固定し、スリーブ18側をマイクロステージを用いて動かし、スリーブ18とスリーブ19を突合せ部分から外部の光が入らないように、黒色のゴムを被せる等の配慮は行っている。レンズ付きフォトダイオード10のレンズ直径は1.9mmである。タップ膜8を透過した光のガウスビーム半径を、ビームプロファイラーを用いて測定した結果0.38mmであった。

【0042】

図3で、受光感度および方向性特性は、最も良い値を示したずれ量 L を基準として、ずれ量を大きくして行った時と小さくして行った時では、同じ様な変化を示さない。ずれ量を小さくして行った場合とずれ量を大きくして行った場合で、受光感度および方向性特性を変化させる要因が異なることを意味している。ずれ量 L が小さい場合には、受光感度の低下が緩やかである方向性特性の低下も緩やかである。このことから、光ファイバーB4から光を入射した時の受光感度が大きくなっていることが分かる。つまり、光ファイバーB4から光を入射しタップ膜8を透過した光を、レンズ付きフォトダイオード10に入射するのを防げなかったものと考えられる。したがって、ずれ量 L は一定以上の値を確保する必要があることが分かる。

【0043】

図3において、ずれ量が小さくなった時には、光ファイバーB4から入った透過光の一部がレンズ付きフォトダイオード10で検出されてしまっているため、方向性特性が低下してしまっただけである。光はビーム内において、ガウス分布に従った強度分布を有するため、所定のずれ量における光強度は、ガウスビーム半径を用いることにより算出することができる。また、レンズ付きフォトダイオードで光を検出するのは、レンズ付きフォトダイオードのレンズ部に光が入った場合に限られるため、GRINレンズ7の中心軸とレンズ付きフォトダイオード10の中心軸のずれ量 L とタップ膜8を透過する光のガウスビーム半径 R 、レンズ付きフォトダイオード10のレンズ直径 D との間に、 $2L \geq 1.517R + D/2$ の關係が成り立つことを見出した。本実施例では、上記關係式を算出すると、 L は0.763mm以上となり、方向性特性が25dB以上であることを確保できる条件となる。

【0044】

一方、ずれ量Lが入射光の開口には、反射光の成分が顕著であるのに対して、方向性は特性の低下は緩やかである。受光感度が急激に低下するのは、光ファイバーA 3から光が入射しタップ膜8を透過した光がレンズ付きフォトダイオード10に、入っていないことを表している。ずれ量が1mmを超えて大幅に受光感度が低下する原因を調査し、原因はスリーブ19とスリーブ18で作られる楕円形に見える貫通穴の短径が非常に小さくなってしまい、光ファイバーA 3の透過光が楕円形に見える貫通穴を上手く通過できないためであった。フォトダイオードのレンズ径Dが1.9mmであることから、ずれ量の上限値は、レンズ径の1/2と求められた。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明の単一方向性光パワーモニターの断面図である。

【図2】本発明の実施例5のスリーブ材質と方向性特性、暗電流の関係を示す図である。

【図3】本発明の実施例6のずれ量Lと受光感度、方向性特性の関係を示す図である。

【図4】本発明の実施例6のずれ量Lと受光感度、方向性特性の関係を導くのに使用した単一方向性光パワーモニターの断面図である。

【図5】事前試作した単一方向性光パワーモニターの断面図である。

【図6】従来の双方向性光パワーモニターの断面図である。

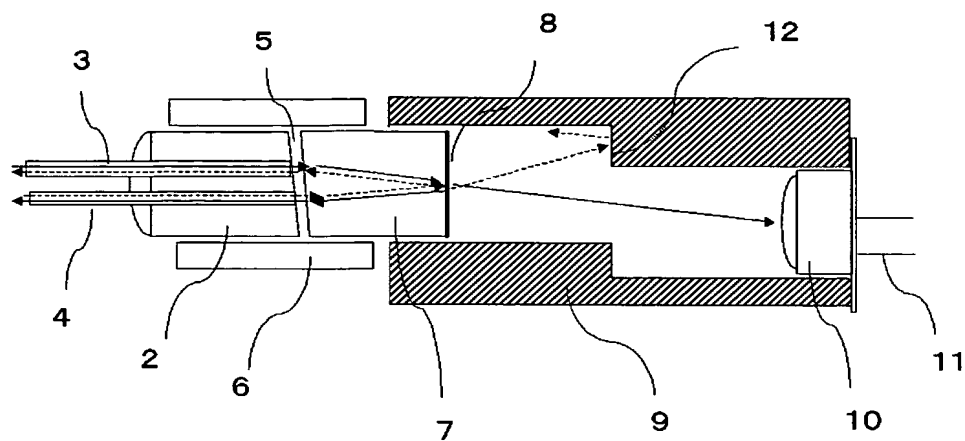
【図7】非特許文献に示された単一方向性光パワーモニターの概念図である。

【符号の説明】

【0046】

2 ビッグテールファイバー、3 光ファイバーA、4 光ファイバーB、5 空隙、
6 チューブ、7 GRINレンズ、8 タップ膜、9 スリーブ、
10 レンズ付きフォトダイオード、11 端子、18 スリーブ、19 スリーブ、
30 ビッグテールファイバー、31 光ファイバー、32 光ファイバー、
33 空隙、34 GRINレンズ、35 ガラスチューブ、36 タップ膜、
37 フォトダイオード、38 ガラス製スリーブ、39 端子、43 透過光、
44 スリーブ壁面における反射光、45 外部からの入射光、51 光ファイバー、
52 光ファイバー、53 マルチキャピラリーガラスフェルール、
54 GRINレンズ、55 空隙、56 フィルター、57 空隙、
58 フォトンディテクター、59 端子、60 ガラスチューブ、
61 ガラスチューブ、81 光ファイバー、82 光ファイバー、
83 GRINレンズ、84 誘電体ミラー、85 フォトディテクター、88 端子。

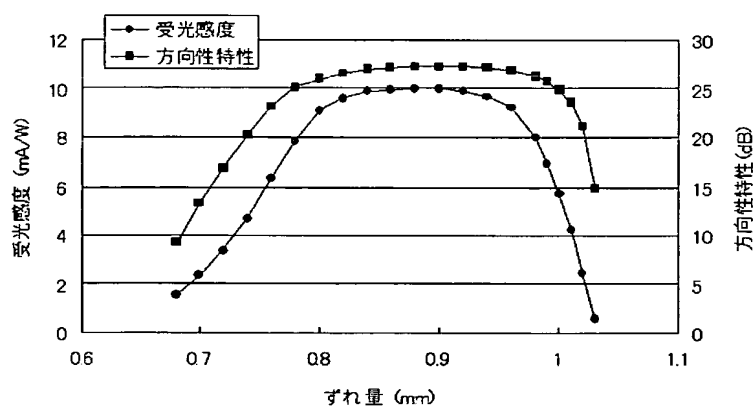
【図 1】



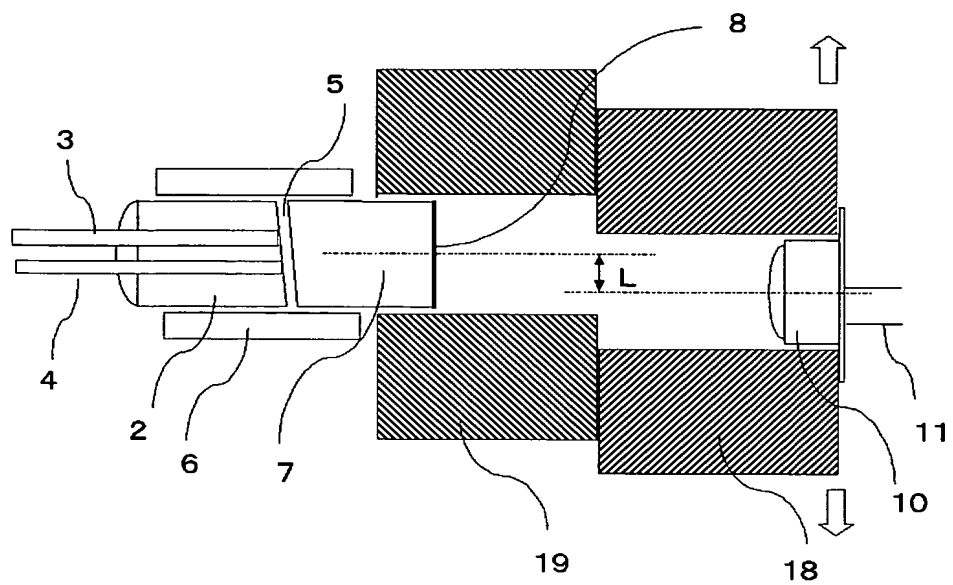
【図 2】

	材質	光ファイバーAから入射した際の受光感度[mA/W]	光ファイバーBから入射した際の受光感度[μ A/W]	方向性特性[dB]	暗電流[nA]
M1	アルミナ	9.80	24.1	26.1	0.043
M2	ジルコニア	9.90	22.3	26.5	0.055
M3	炭化ケイ素	10.20	20.5	27.0	0.048
M4	窒化ケイ素	10.10	18.5	27.4	0.062
M5	窒化アルミ	9.90	21.9	26.6	0.077
M6	シリカ系ガラス	9.60	29.7	25.1	0.065
M7	アルミナ系ガラス	9.80	28.5	25.4	0.063
M8	チタニア系ガラス	10.00	29.1	25.4	0.072
M9	エポキシ樹脂	10.10	25.3	26.0	0.046
M10	液晶ポリマー	9.80	22.7	26.4	0.059
M11	ポリフェニレン樹脂	9.50	26.2	25.6	0.056
M12	ポリエチレン樹脂	9.40	24.8	25.8	0.049
M13	ポリプロピレン樹脂	10.20	23.3	26.4	0.044
M14	ポリブチレン樹脂	9.70	26.3	25.7	0.051
M15	アゾ化合物樹脂	9.80	27.1	25.6	0.057
M16	ポリエステル樹脂	9.90	25.9	25.8	0.061
M17	カーボン	10.30	17.8	27.6	0.048

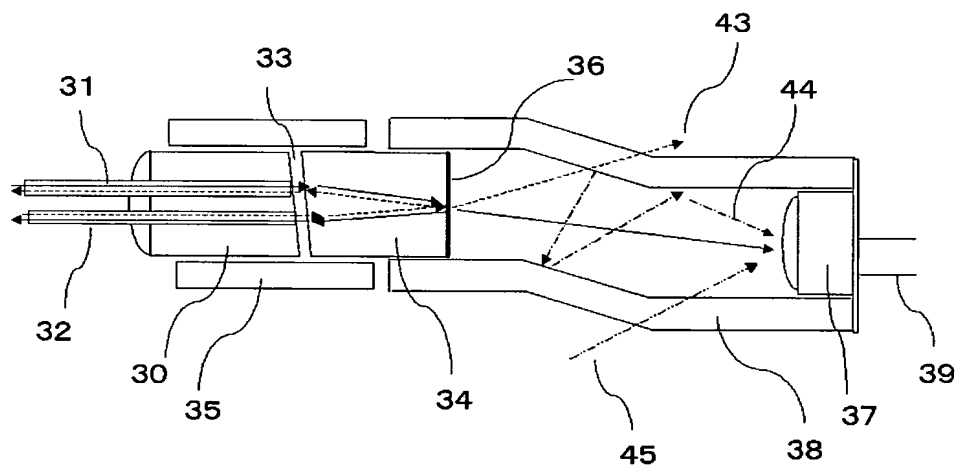
【図 3】



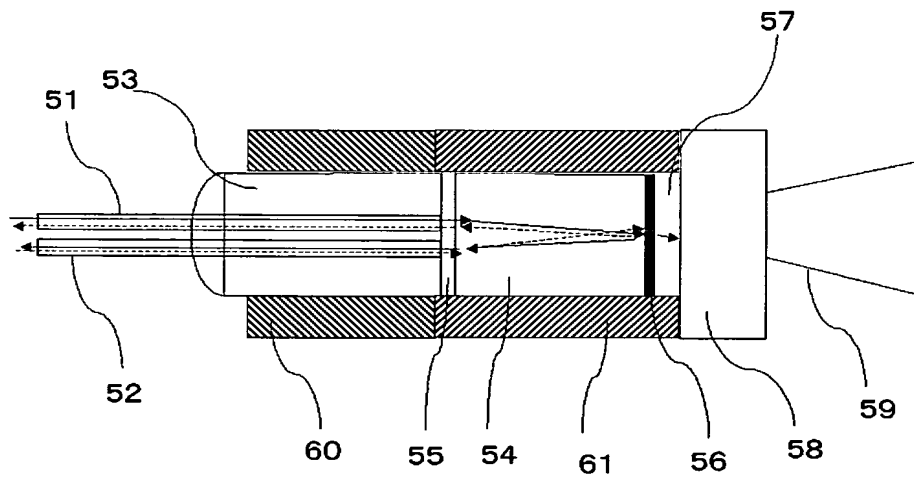
【図4】

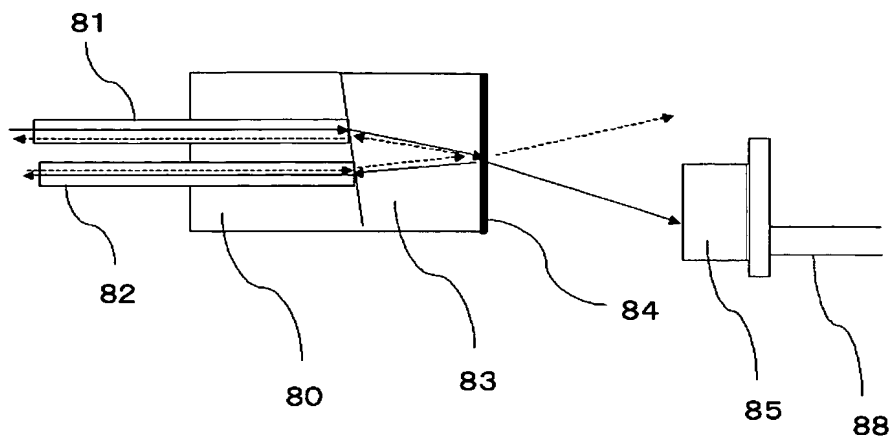


【図5】



【図6】





【要約】

【課題】 片方の光ファイバーから入りタツプ膜を透過した光だけをフォトダイオードで検知し、方向性特性の高い小型で高性能な単一方向性光パワーモニターを提供する。

【解決手段】 光パワーモニターにおいて、GRINレンズの中心軸とレンズ付きフォトダイオードの中心軸を、ずれたスリーブを用いる。片方の光ファイバーから入りタツプ膜を透過した光はフォトダイオードに入るが、他方の光ファイバーから入りタツプ膜を透過した光は、スリーブ内に設けられた内壁と内周面で反射と減衰を繰り返す。スリーブには、外光を遮断し、内壁及び内周面での反射が小さい材質を用いることにより、高い方向性特性を得ることができる。

【選択図】 図 1

0 0 0 0 0 5 0 8 3

19990816

住所変更

東京都港区芝浦一丁目2番1号

日立金属株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/009404

International filing date: 24 May 2005 (24.05.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-177175
Filing date: 15 June 2004 (15.06.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 30 June 2005 (30.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse